

(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) **Patentschrift**
(10) **DE 196 29 386 C 1**

(51) Int. Cl. 6:
B 60 L 15/00
B 60 L 7/24
// B66F 9/06

DE 196 29 386 C 1

- (21) Aktenzeichen: 196 29 386.3-32
(22) Anmeldetag: 20. 7. 96
(43) Offenlegungstag: —
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 29. 1. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Jungheinrich AG, 22047 Hamburg, DE

(74) Vertreter:

Patentanwälte Hauck, Graalfs, Wehnert, Döring,
Siemons, 20354 Hamburg

(72) Erfinder:

Schlüter, Volkmar, Dipl.-Ing., 24558
Henstedt-Ulzburg, DE; Breitschädel, Rainer,
Dipl.-Ing., 22848 Norderstedt, DE; Freitag, Frank,
Dipl.-Ing., 22393 Hamburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 6 88 636
DE 42 20 277 A1
DE 30 33 541 A1

(54) Elektrischer Fahrantrieb für ein Flurförderzeug

(55) Elektrischer Fahrantrieb für Flurförderzeuge mit einer Regelvorrichtung zur Regelung der Drehzahl des elektrischen Fahrmotors in Abhängigkeit vom Ausgangssignal eines von einem Fahrer betätigbaren Sollwertgebers, einer Bremsvorrichtung, in der über ein Pedal eine mechanische Bremse und parallel dazu eine elektrische Bremse betätigbar ist, einer Übergangsstufe, die das Sollwertsignal des Sollwertgebers bei einer Veränderung den Sollwert nach Maßgabe mindestens einer vorgegebenen Sollkennlinie in ein verstetigtes Eingangssignal der Regelvorrichtung umformt und einer Nachführstufe, die im Betrieb der Regelvorrichtung im Kennlinienbereich bei Auftreten einer merklichen Abweichung der Istdrehzahl von dem entsprechenden Wert der Sollkennlinie diesen Wert der Sollkennlinie auf die Istdrehzahl nachführt.

DE 196 29 386 C 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen elektrischen Fahrantrieb für ein Flurförderzeug nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein Fahrantrieb dieser Art ist als Teil eines Serienhybridantriebs bekannt aus der DE 30 33 541 A1.

Aus der DE-PS 6 88 636 ist eine Bremsvorrichtung für Fahrzeuge mit elektrischen Triebmotoren bekanntgeworden, bei der die elektrische Bremsung in Abhängigkeit vom Bremsleitungsdruck der mechanischen Bremse beeinflußt wird.

Aus der DE 42 20 277 A1 ist bekanntgeworden, ein Fahrschaltersignal (vom Sollwertgeber kommend) bei schlagartiger Erhöhung in Form einer Spannungsrampe allmählich auf den vorgegebenen Spannungswert zu erhöhen. Damit wird eine Überlastung des Getriebes vermieden und ein optimales Anfahrverhalten erreicht. Dies geschieht bei diesem Stand der Technik dadurch, daß die Spannungsfunktion in zwei Abschnitte unterteilt wird, nämlich einem mit nur beginnenden ersten Rampenabschnitt großer Steigung, bei dem die Spannung in einem Bruchteil der vorgegebenen Zeitspanne einen Zwischenwert erreicht, und einem zweiten Rampenabschnitt kleinerer Steigung, der sich vom Zwischenspannungswert zum vorgegebenen Spannungswert erstreckt. Eine Mehrzahl derartiger Spannungsfunktionen ist in der Steuerschaltung speicherbar und kann wahlweise vom Fahrer oder auf andere Weise gewählt werden. Aus der DE 11 86 136 ist auch bekannt, bei der Beschleunigung und der Verzögerung eines geregelten Antriebs zunächst eine ansteigende Rampe, in einem weiteren Drittel eine abfallende Rampe und im dritten Drittel eine wiederansteigende Rampe zu wählen, um Schwingungen einer angetriebenen Masse während der Beschleunigung oder der Verzögerung zu unterdrücken.

Für das Bremsen eines elektrischen Fahrantriebs stehen verschiedene Möglichkeiten bereit. Eine durch ein Bremspedal betätigte mechanische Bremse ist immer vorgesehen. Darüber hinaus findet eine elektrische Abbremsung statt, die entweder eine verlustbehaftete Gleichstromabremsung sein kann oder eine Gegenstrom- bzw. generatorische Abremsung. Für die weiteren Betrachtungen wird zwischen den verschiedenen Formen zur Erzeugung eines elektrischen Bremsmomenten nicht differenziert.

Bei der elektrischen Abremsung eines Flurförderzeugs unterscheidet man generell drei Betriebsarten, nämlich die Reversierbremse, die Pedalbremse und die Ausrollbremse. Bei der Reversierbremse wird der Fahrtrichtungsschalter umgelegt, wodurch der Motor nunmehr generatorisch arbeitet. Beim Reversieren ist nicht erforderlich, daß der Fahrer den Sollwertgeber freigibt. Bei der Ausrollbremse findet ein Bremsvorgang dadurch statt, daß der Fahrer den Sollwertgeber freigegeben hat, also Drehzahl Null vorgibt.

Schließlich ist bekannt, die mechanische Bremse während der Betätigung des Bremspedals durch eine elektrische zu unterstützen. In der Praxis wird in der Weise vorgegangen, daß mit Hilfe eines Druckschalters in der Bremsleitung gemessen wird, ob der Bremsdruck einen bestimmten Wert überschreitet, beispielsweise 1 bar. Ist dieser Druck erreicht bzw. überschritten, setzt zusätzlich ein elektrisches Bremsmoment ein. Die elektrische Pedalabremsung kann so stark eingestellt sein, daß die mechanische Bremse kaum noch zur Wirkung gelangt, wodurch auch beim Bremsen die "Steuerung" des Flur-

förderzeugs im wesentlichen durch den Sollwertgeber erfolgt. Dies hat ein sogenanntes hydrostatisches Fahrverhalten zur Folge, wie es in Verbindung mit verbrennungsspannungsmotorisch betriebenen Flurförderzeugen bekannt ist, bei denen der Verbrennungsmotor über ein hydrostatisches Getriebe (Pumpe und Hydromotor) auf das Antriebsrad wirkt.

Reversier-, Ausroll- und Pedalbremse können unabhängig voneinander durch je einen Parameter, die auf unterschiedliche Werte gesetzt werden, eingestellt werden.

Die erwähnten, einstellbaren Übergangsfunktionen beim Ausroll-, Pedal- oder Reversierbremsen sind bisher nur bei ungeregelter Gleichstromantrieb bekanntgeworden. Es besteht jedoch zunehmend das Bedürfnis, geregelte Fahrantriebe einzusetzen, insbesondere geregelte Drehstromantriebe.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen elektrischen Fahrantrieb für Flurförderzeuge zu schaffen, der bei einem in der Drehzahl geregelten elektrischen Fahrmotor auch im Bremsbetrieb ein zufriedenstellendes Fahrverhalten zeigt.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Bei der Erfindung wird in an sich bekannter Weise eine Regelvorrichtung zur Regelung der Drehzahl des Fahrmotors in Abhängigkeit vom Ausgangssignal eines von einem Fahrer betätigbaren Sollwertgebers vorgenommen. Die Ist-Drehzahl kann zum Beispiel von einem Tachogenerator ermittelt werden. Wie schon erwähnt, hat ein Regelkreis die Aufgabe, Abweichungen zwischen Soll- und Istwert möglichst schnell zu minimieren. Änderungen des Istwerts, die etwa durch Störungen von außen erzeugt werden, zum Beispiel durch Bodenebenheiten, Schwellen oder dergleichen, sollen schnell ausgeregelt werden. Der Regler soll daher ein gutes Störungsverhalten aufweisen. Ein Führungsverhalten (schnelle Ausregelung bei Änderung des Sollwertes) bei einem Regelkreis mit hoher Verstärkung ist nicht immer erwünscht. Nimmt der Fahrer zum Beispiel den Fuß vom Fahrpedal, will er möglicherweise zwar zügig anhalten, jedoch keine Vollbremsung machen. Ohne besondere Vorkehrungen würde jedoch der Regelkreis bei einem schnellen Regler und einem leistungsfähigen Motor eine Vollbremsung vornehmen. Darüber hinaus kann der Wunsch bestehen, daß der Fahrantrieb unterschiedlich auf vom Fahrer vorgegebene Sollwertänderungen reagiert, zum Beispiel zügiges Anhalten, langsames Ausrollen oder Heranrollen an ein Regal ermöglicht. Für solche Fälle sieht die Erfindung vor, daß das Führungsverhalten des Reglers "gezügelt" wird. Im vorliegenden Fall bezieht sich dieses modifizierte Verhalten des Regelkreises auf die oben erwähnten Bremsvorgänge.

Die Erfindung sieht daher ferner eine Übergangsstufe vor, die das Sollwertsignal des Sollwertgebers bei einer schlagartigen Verringerung des Sollwertsignals nach Maßgabe einer vorgegebenen Sollkennlinie in ein verstiegtes Eingangssignal des Reglers umformt. Die Kennlinie kann eine Gerade oder eine gewünschte Kurve mit beliebigem Verlauf sein. Vorzugswise ist eine Vielzahl derartiger Kennlinien in einem Speicher abgelegt, so daß vor Inbetriebnahme oder auch während des Betriebs eine gewünschte Kennlinie ausgewählt werden kann.

Die Sollkennlinie oder Übergangsfunktion beim Abbremsen hat die Aufgabe, abrupte Geschwindigkeitsänderungen zu vermeiden und damit das Fahrverhalten

auch während des Abbremsvorgangs zu optimieren. Gleichwohl erfolgt vor allen Dingen bei einem eng geführten Regler ein striktes Nachfahren der Drehzahl entsprechend der vorgegebenen Kennlinie. Es sind jedoch Fälle denkbar, in denen auch bei Anwendung der Übergangsfunktion unerwünschte Fahrzustände eintreten. Bei der Ausrollbremse in der Ebene sorgt der Regler zum Beispiel dafür, daß das Fahrzeug relativ langsam ausrollt. Störungen in Form von Schwellen oder dergleichen werden ausgeregelt. Wenn jedoch das Fahrzeug eine Steigung hinauf fährt und der Fahrer durch Wegnahme des Fußes vom Fahrpedal in den Bremsbetrieb "Ausrollbremse" schaltet, kann sich die Geschwindigkeit aufgrund der Steigung schneller verlangsamen als es der eingestellten Kennlinie entspricht. Der Regler versucht aufgrund der dann auftretenden Regelabweichung diese wieder zu beseitigen, d. h. der Fahrantrieb beschleunigt das Fahrzeug. Dies ist besonders unangenehm kurz vor dem Ende einer Steigung, bei dem etwa die Vorderräder bereits in der Ebene laufen. Es stellt sich ein unerwartetes Fahrverhalten ein. Unabhängig davon besteht die Vorschrift, daß bei nicht betätigtem Fahrpedal eine Beschleunigung des Fahrantriebs auszuschließen ist.

Hier setzt ein weiteres Merkmal der Erfindung ein in Form einer Nachführstufe, die im Betrieb der Regelvorrichtung im Kennlinienbereich den Wert auf der Sollkennlinie auf den Drehzahl-Istwert nachführt, wenn der Drehzahl-Istwert merklich kleiner ist als der entsprechende Wert auf der Sollkennlinie. Der Verlauf der Sollkennlinie bleibt im übrigen beibehalten. Bei der Erfindung wird mithin der Kurvenverlauf verschoben. Die Solldrehzahl entspricht nicht mehr dem Wert der eingestellten Kennlinie, sondern ist vorübergehend nicht größer als die Istdrehzahl.

Ähnliches gilt für die Pedalbremse und die Reversierbremse. Falls in einem dieser Bremsbetriebe während der Übergangsfunktion eine signifikante Verkleinerung des Istwerts gegenüber dem Sollwert auftritt, wird dieser nicht mehr ausgeregelt, sondern es findet ein Nachführen des Sollwerts auf den Istwert statt. Damit wird zwar das grundsätzliche Verzögerungsverhalten des Fahrzeugs, wie es durch die Kennlinie vorgegeben ist, beibehalten, ohne daß es zu abrupten Stößen oder gar zu Beschleunigungen kommt.

Bei dem bekannten Bremsbetrieb "Pedalbremse" ist eine kräftige Unterstützung durch die elektrische Bremse zweckmäßig, und zwar bisher bereits bei relativ leichter Betätigung des Bremspedals. Dadurch wird die mechanische Bremse optimal unterstützt. Für diesen Fall ist es nicht mehr möglich, ein leichtes Bremsen mit dem Bremspedal vorzunehmen, da sofort die elektrische Bremssunterstützung wirksam wird, nämlich sobald bei Betätigung des Bremspedals ein relativ klein eingestellter Bremsdruck erreicht ist. Bei einer Ausgestaltung der Erfindung wird in einem ersten Bereich des Bremsdrucks eine Unterstützung der mechanischen Bremse nur über die Ausrollbremse vorgenommen, und erst bei Überschreiten eines vorgegebenen Druckwertes, zum Beispiel 30 bar, kommt die elektrische Bremse mit der entsprechenden Übergangskennlinie zum Einsatz. Der Fahrer kann mithin das Bremspedal leicht betätigen und feinfühlig bremsen (entsprechend des Parameters für die Ausrollbremse), solange die Pedalkraft zum Beispiel keinen Druck größer als 30 bar erzeugt. Da der Fahrer während des Bremsens das Fahrpedal nicht betätigt, befindet sich der erfundungsgemäße Fahrantrieb im Modus "Ausrollbremse".

Wenn die mechanische Bremse mit Unterstützung

der "Ausrollbremse" arbeitet, d. h. wenn nur leicht mechanisch gebremst wird, können äußere Einflüsse auf das Fahrzeug zu einem schnelleren Geschwindigkeitsverlust führen als durch die Kennlinie vorgegeben. Auch in diesem Fall kann der Sollwert nachgeführt werden, sobald eine signifikante Abweichung des Istwertes stattgefunden hat.

Gleches gilt für die mechanische Bremsung mit starker elektrischer Bremssunterstützung. Auch hier kann geschehen, daß trotz eines relativ starken Abbremsvorgangs die Geschwindigkeit bzw. die Drehzahl noch schneller abnimmt als durch die Sollkennlinie vorgegeben. Ist dieser Fall eingetreten, wird der Sollwert dem Istwert nachgeführt. Eine aktive Beschleunigung durch den Regler wird vermieden.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert werden.

Die einzige Figur zeigt ein Diagramm, bei dem die Drehzahl eines Asynchronmotors über der Zeit aufgetragen ist.

Es sei angenommen, daß der Fahrer eines nicht gezeigten Flurförderzeugs den Sollwertgeber, beispielsweise ein Fußpedal, auf einen Wert eingestellt hat, der in der Zeichnung $n_{\text{sol},1}$ entspricht. Das Fahrzeug fährt mit der eingestellten und geregelten Geschwindigkeit, bis eine Änderung am Sollwertgeber stattfindet. Im vorliegenden Fall sei angenommen, daß der Fahrer das Fahrpedal losläßt, wodurch die Ausrollbremse zum Zuge kommt. In der Übergangsstufe ist eine Vielzahl von Übergangsfunktionen oder -kennlinien gespeichert, die mit a_1 bis a_n eingezeichnet sind. Sie geben den Verlauf der Drehzahl und damit der Geschwindigkeit bis zum vollständigen Stillstand vor. Im vorliegenden Fall ist der Verlauf linear, was jedoch nicht zwingend ist. Es versteht sich, daß eine ähnliche Kennlinienschar für das Pedalbremsen bzw. das Reversierbremsen vorgesehen werden kann. Über die drei Bremsparameter wird je eine Kennlinie gewählt.

Der Beginn des Ausrollbremsens ist in der Zeichnung mit t_1 angegeben. Es sei angenommen, daß zu einem Zeitpunkt t , die Drehzahl nicht etwa $n(t)$ ist, was den durch die Kennlinie a_2 vorgegebenem Sollwert entspräche, sondern $n_{\text{ist}}(t)$. Es besteht mithin eine erhebliche, in der Figur mit d bezeichnete Regelabweichung. Diese Regelabweichung kann zum Beispiel dadurch verursacht sein, daß ein Fahrzeug eine Steigung hinaufrollt oder durch andere äußere Einflüsse mehr als vorgesehen verzögert wird. Der Regler ist versucht, diese Abweichung auszugleichen und müßte den Fahrantrieb beschleunigen, um wieder die Kennlinie a_2 zu erreichen. Dies geschieht jedoch bei der Erfindung nicht, sondern der Sollwert $n(t')$ wird auf den Sollwert $n_{\text{ist}}(t')$ reduziert, mit anderen Worten, der Sollwert wird dem Istwert nachgeführt. Zum Zeitpunkt t' wird mithin von der Kennlinie a_2 auf die Kennlinie a_2' umgeschaltet, die zu einem früheren Zeitpunkt die Drehzahl Null erreicht.

Ein ähnliches Nachführverhalten läßt sich für die Pedalbremse oder die Reversierbremse demonstrieren.

Patentansprüche

1. Elektrischer Fahrantrieb für ein Flurförderzeug mit einer Regelvorrichtung zur Regelung der Drehzahl des elektrischen Fahrmotors in Abhängigkeit vom Ausgangssignal eines von einem Fahrer betätigbaren Sollwertgebers, gekennzeichnet durch

- eine Bremsvorrichtung, in der über ein Pedal eine mechanische Bremse und parallel dazu eine elektrische Bremse betätigbar ist,
 - eine Übergangsstufe, die das Drehzahl-Sollwertsignal des Sollwertgebers bei einer Veränderung mindestens einer vorgegebenen Sollkennlinie entsprechend in ein verstetigtes Eingangssignal der Regelvorrichtung umformt und
 - eine Nachführstufe, die im Betrieb der Regelvorrichtung im Kennlinienbereich den Wert auf der Sollkennlinie auf den Drehzahl-Istwert nachführt, wenn der Drehzahl-Istwert merklich kleiner ist als der entsprechende Wert auf der Sollkennlinie.
2. Fahrantrieb nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Anwendung auf eine elektrische Ausrollbremse, bei der die Drehzahl nach einer wählbaren Kennlinie verringert wird, wenn der Fahrer den Sollwertgeber auf die Nullstellung setzt.
3. Fahrantrieb nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Drucksensor in Abhängigkeit von der im Bremspedal wirkenden Bremskraft ein Drucksignal abgibt, so daß die elektrische Ausrollbremse unterstützend wirkt, wenn der Druck unterhalb eines vorgegebenen Druckwertes liegt und eine elektrische Pedalbremse zur mechanischen Pedalbremse unterstützend wirkt, wenn der Druck oberhalb des vorgegebenen Druckwertes liegt.
4. Fahrantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch die Anwendung auf eine elektrische Reversiblere Bremse, bei der mit Hilfe eines Fahrtrichtungsschalters die Drehrichtung des Fahrmotors umgekehrt und die Drehzahl nach einer wählbaren Kennlinie verzögert wird.
5. Fahrantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein in der Drehzahl regelbarer Drehstrommotor vorgesehen ist.

40

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

45

50

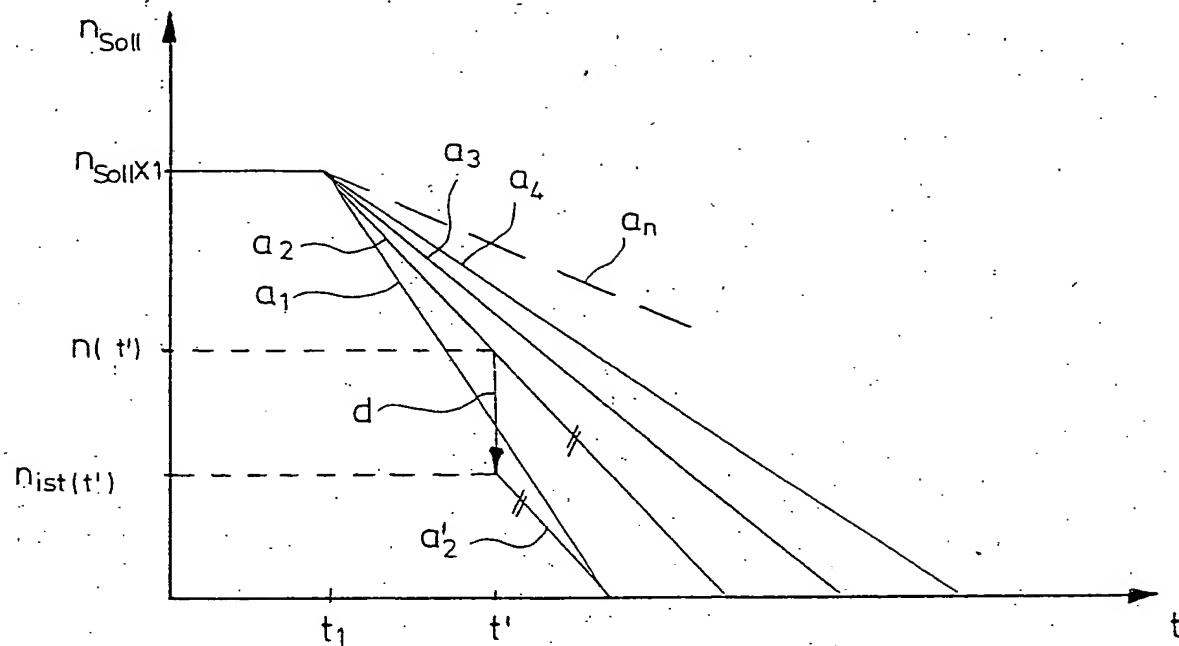
55

60

65

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)



BEST AVAILABLE COPY